



УДК 620.424.1

**АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПУСКА ЭНЕРГБЛОКА  
ПГУ-230 ИЗ ГОРЯЧЕГО СОСТОЯНИЯ****ANALYSIS OF THE START-UP QUALITY OF THE  
UNIT STEAM-GAS INSTALLATION 230MWH  
FROM HOT STATE**

**Носов Антон Алексеевич**, магистрант каф. «Теплоэнергетики и теплотехники», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: nosov1911@mail.ru, Тел.: +7(961)778-81-11

**Тупоногов Владимир Геннадьевич**, д-р. техн. наук, профессор каф. «Теплоэнергетики и теплотехники», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. Тел.: +7(343)375-45-67

**Anton A. Nosov**, Master student, Department «Heat power engineering and heat engineering», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: nosov1911@mail.ru. Ph.: +7(961)778-81-11

**Vladimir G. Tuponogov**, Doctor Sc., Prof., Department «Heat power engineering and heat engineering», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. Ph.: +7(343)375-45-67

**Аннотация:** В данной работе приведена методика оценки качества пуска энергоблока ПГУ-230, а также дан анализ качества выполнения пусковых операций энергоблока ПГУ-230 из горячего состояния, выявлены «узкие» места, вызывающие ухудшение показателей пуска.

**Abstract:** In this work the technique of an estimation of the start-up regimes quality of the power unit PGU-230 is presented. Analysis of the start-up operations quality of the power unit PGU-230 from hot condition is given and vulnerabilities, causing the deterioration of the start-up, are identified.

**Ключевые слова:** ПГУ; котел-утилизатор; газовая турбина; паровая турбина.

**Key words:** steam-gas installation; heat recovery boiler, gas turbine; steam turbine.

**ВВЕДЕНИЕ**

Рассматриваемый энергетический блок ПГУ-230, является бинарной парогазовой установкой с двумя контурами давления пара, предназначенной для производства электроэнергии и для отпуска пара на теплофикацию. Основным и резервным топливом является природный газ.

В состав энергоблока ПГУ-230 входят:

- газотурбинная установка типа GT13E2 с турбогенератором типа 50 WY212-095 активной мощностью 180 МВт;
- горизонтальный двухконтурный котел-утилизатор с естественной циркуляцией типа E-208/50,1-7,55/1,19-467/274 (ПК-86);
- паротурбинная установка типа КТ-63-7,7 с турбогенератором типа ТФ-63-2УХЛЗ активной мощностью 63 МВт.

В качестве исходных данных при анализе режимов и надежности работы энергоблока ПГУ-230 использовались проектные материалы и данные заводских расчетов основного оборудования.

**МЕТОДИКА АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПУСКА ИЗ  
ГОРЯЧЕГО СОСТОЯНИЯ**

Пуск из состояния горячего состояния производится после кратковременного простоя с сохранением параметров в контурах высокого и низкого давления близких к номинальным. При этом температура паровпускных частей турбины выше 400<sup>0</sup>С, с сохранившимся избыточным давлением в КУ (время простоя менее 8 часов) и температуре металла барабана высокого давления более 250<sup>0</sup>С.

Основная задача при пусках из горячего состояния является предотвращение глубокого и быстрого захлаживания толстостенных элементов котла утилизатора, цилиндра паровой турбины и перепускных паропроводов к паровой турбине. Также важным критерием качества проведения пуска является суммарное время затраченное от получения команды от диспетчера РДУ до набора заданной мощности.

По согласованию с заводами-изготовителями основного оборудования (паровой турбины и котла-утилизатора в частности) был определен ряд критичных параметров [1,2], влияющих на

работоспособность оборудования в дальнейшем и, как следствие, на качество пуска. На их основании была составлена ведомость оценки качества пуска, заполняемая, обычно, машинистом блока и анализируемая в дальнейшем ИТР станции, с проставлением «оценки» за ту или иную операцию, с выводом последующей общей оценкой пуска. Фрагмент заполненной ведомости показан на рис. 1.

Основные критерии оценки качества пуска блока ПГУ.  
28.02.2017 года. Пуск из горячего состояния

п/п	Наименование	Единица измерения	Критерии оценки		Фактическое значение параметра	Оценка
			Норм. значение	Откл. Неудовол.		
<b>Горячее состояние</b>						
1.	Скорость роста температуры пара ВД при пуске Ю, °С/мин, не более, в диапазоне: 230÷500°С	°С/мин	≤15	В допустимом диапазоне	2,5	Отл.
2.	Скорость подъема давления в барабане ВД (соответствует скорости изменения температуры металла ВД 30 °С за 10 мин)	МПа/мин	≤ 0,34	В допустимом диапазоне	0,06	Отл.
<b>Горячее состояние</b>						
1.	Прогиб ротора (бесие – равная выгорелости ротора – не более 50 мм)	мм	≤ 50	В допустимом диапазоне	20	Отл.
2.	Разность температур верха и низа наружного цилиндра (в зоне паровпуска)	°С	≤ 40	В допустимом диапазоне	29	Отл.
3.	Предельные значения относительного удлинения и относительного укорочения ротора	мм	+5 -2	В допустимом диапазоне	+2,65	Отл.
4.	Температура масла на подшипники турбины	°С	35÷45	В допустимом диапазоне	37,5÷44,5	Отл.

Рисунок 1 Фрагмент ведомости анализа пуска блока ПГУ-230

Наиболее важными в ходе пуска являются следующие показатели [1,2]: скорость прогрева паропроводов, скорость подъема давления в барабане высокого давления, прогиб ротора паровой турбины, относительное расширение ротора, температура острого пара, разность температур по ширине фланца стопорного клапана, температура масла на подшипники турбины. Отклонения любого из этих параметров за пределы, установленные заводскими инструкциями грозит повреждением оборудования. Поэтому основной сложностью пуска энергоблока является согласование работы основного оборудования в части удержания

перечисленных выше параметров в допустимых рамках.

Основным инструментом, с помощью которого машинист энергоблока достигает поставленной задачи в части выполнения качественного пуска является **скорость набора мощности** газовой турбины. Причем при пуске из горячего состояния, как показала практика, когда толчковые параметры пара высоки, особенно важно выдерживать ее. Причем, одинаково важно, как форсировать нагрузку, так и замедлять темп прогрева так как, пока параметры пара недостаточно высоки для подачи его в турбину (температура острого пара ниже температуры стопорного клапана), больший его объем при прогреве приходится сбрасывать через быстродействующее редуциционно-охлаждающее устройство (БРОУ) в конденсатор. При этом наблюдается эрозионный износ верхних трубок конденсатора в местах сброса пара от БРОУ в конденсатор с последующим порывом трубок и длительной химической очисткой трубопроводов и поверхностей нагрева котла утилизатора.

Один из основных показателей качества пуска блока, как уже отмечалось выше, это скорость прогрева паропроводов и элементов турбины. На рисунке 2 приведен график зависимости температуры пара высокого давления от времени. Как видно, скорость прогрева укладывается в установленные рамки. Это было достигнуто правильным выбором мощности газовой турбины и скорости ее нагружения при выполнении пусковых операций. Оценка за выдержку данного параметра в требуемых границах – «отлично». Общая оценка пуска - «хорошо». Отработка подбора мощности газовой турбины легла за основу при составлении графиков пуска из различных тепловых состояний. Пример графика пуска блока из горячего состояния приведен на рисунке 3.

Температура пара КВД перед ПТУ, °С

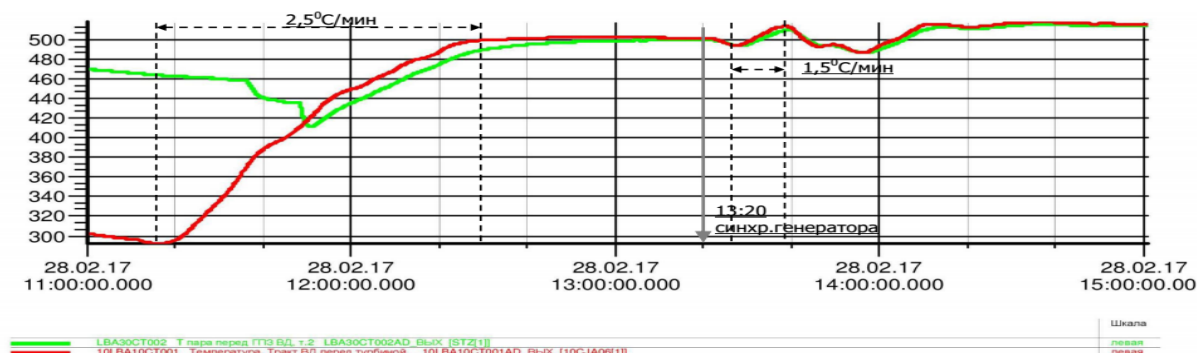


Рисунок 2 Температура острого пара высокого давления перед ПТУ

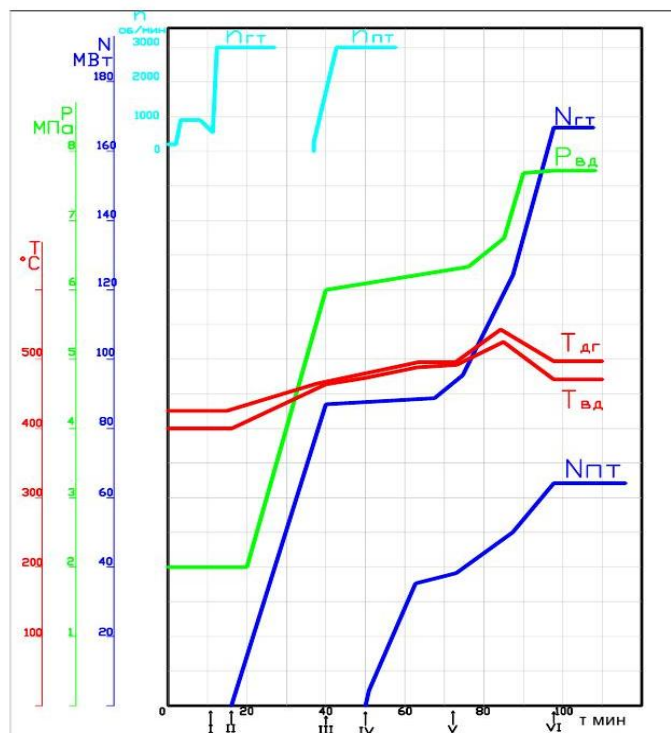


Рисунок 3 График нагружения энергоблока ПГУ-230 из горячего состояния

#### СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКА НАГРУЖЕНИЯ ЭНЕРГОБЛОКА ПГУ-230

В результате наладки и комплексного опробования оборудования энергоблока были составлены предварительные графики нагружения энергоблока, где по оси абсцисс откладывается время, затрачиваемое на ту или иную операцию, а по оси ординат – количественные показатели (мощность газовой и паровой турбины, температура острого пара и другие).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная методика анализа пуска энергоблока ПГУ-230 из горячего состояния позволяет наглядно видеть результаты

выполнения пусковых операций и анализировать их в том числе с привлечением представителей заводов изготовителей. Также предложенный анализ пуска позволяет выявить возможные ошибочные действия персонала и способствует недопущению их в последствии.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. МТ-270100 РЭ Турбоустановка КТ-63-7,7. Руководство по эксплуатации. Инструкция, 2013. 194 с.
2. 86.00.013 РЭ Котел утилизатор Е-208/50,1-7,55/1,19-467/274 (ПК-86) Руководство по эксплуатации, часть 2, 2014, 72 с.